

孤东油田植被演化遥感分析

汪小钦¹, 王钦敏¹, 刘高焕², 励惠国^{1,2}

(1 福州大学数据挖掘与信息共享教育部重点实验室, 福州大学福建省空间信息工程研究中心, 福州 350002;

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 本文利用从1984~2001年多时相的TM和ASTER等遥感数据,对孤东油田近二十年来的植被演化规律进行研究,分析油田开发的不同阶段对植被的影响。结果表明,在油田开发初期,植被遭到毁灭性的破坏,使区域生态环境严重恶化。油井建成后,被破坏的生态环境逐步得到恢复,并向着顺向演替的方向发展,目前孤东油田的生态环境正在向着良性循环方向发展。

关键词: 孤东油田; 油田开发; 植被; 遥感分析

中图分类号: TP79

1 引言

油气开采在勘探和开采集输的过程中,不可避免地对生态环境产生各种影响。油田的开发对植被的影响比较大,特别是在油田开发初期。孤东油田是我国第二大油田胜利油田的高产油田之一,占地约68km²。孤东油田是黄河1976年改道后形成的新亚三角洲的一部分,属于黄河河口三角洲。1986年会战,使孤东油田部分地区刚开始形成的生态环境遭到了毁灭性的破坏,大部分植被被铲除殆尽。油井建成后,被破坏的植被得到部分恢复。在黄土高原地区,经调查在油田建设过程中植被覆盖度由30%~35%下降到10%左右^[1]。

本文利用1984~2001年的遥感影像,对孤东油田从钻探、建设到建成投产、稳定生产等油田开发的不同阶段的植被进行监测,分析油田开发对植被的影响。考虑到油田勘探开发初期,植被变化比较剧烈,而到稳定生产和植被逐步恢复以后,变化不是很大,因此,选择影像时,勘探开发初期采样时间间隔较短,以后逐渐增大时间间隔,1984年作为油田全面开发前的对比。如1984年10月5日TM、1985年3月4日TM、1986年6月5日TM、1987年5月7日TM、1989年2月13日TM、1992年4

月2日TM、1996年9月20日TM和2001年9月10日的ASTER影像,用作植被恢复建设动态的变化分析。

2 黄河三角洲植被演替特点与规律分析

黄河三角洲天然植被,由于经常受黄河改道、决口泛滥、海潮侵袭及农事耕作、油田开发和人类活动等的影 响,是一个极不稳定的生态系统,植被不断发生演替。黄河三角洲植被的演替主要是从水域上开始,首先出现水生植物群落,依次为沼生植物群落、盐生草甸、落叶阔叶林。若受大海潮的影响,最初呈现裸露的光板地,继而可发展为盐化草甸^[2]。孤东油田和现代黄河三角洲地区均以草本盐生植被占优势。影响生态环境的各种自然因素以土壤含盐量对植被影响最明显,土壤含盐量的变化又受土壤成因和海水侵袭的影响。一般情况下,沿海土壤含盐量的变化,以脱离海潮影响的时间越久、离海岸越远,其自然淋洗程度越强,土壤含盐量越小。在沿海地带,基本上与海岸线平行向平原方向递减^[4]。黄河三角洲各种生态环境的分布与地形的关系如图1所示。在海岸带地区,由海向陆依次为:

收稿日期:2005-01-09; 修回日期:2005-04-29.

资助项目:国家863计划(2001AA633010)。

作者简介:汪小钦(1972-),女,福建省古田县人,副研究员,博士。主要研究方向为遥感图像处理与应用。已发表论文多篇。

E-mail: wangxq@fzu.edu.cn

滩涂 → 翅碱蓬为主的盐生植被 → 柽柳-翅碱蓬为主盐生草甸植被 → 芦苇为主的盐湿生草甸植被

黄河三角洲各生态环境的优势植被,翅碱蓬和柽柳为强度耐盐植物,芦苇为中度耐盐植物,白茅、拂子茅为轻度耐盐植物。区域内植物群落一定程度上反映着环境状况,尤其是黄河三角洲盐生草甸

的生态系统,其分布规律与土壤含盐量呈显著相关性,不同群落类型指示着一定的生态环境质量,特别是对土壤的指示作用更为明显。由滨海滩涂裸地向顶级群落的演替为顺向演替,所标示的生态环境质量逐渐变好;但当干扰超过其自身的恢复能力时,向反方向的演替称为逆向演替,表示生态环境质量逐渐恶化。

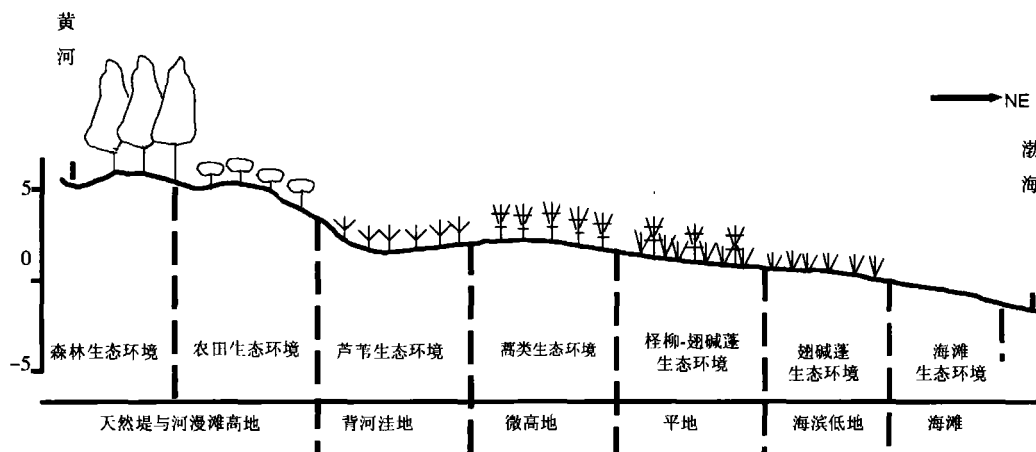


图1 黄河三角洲沿海地区植物群丛分布与地形关系示意图(据安凤桐等,1989^[4])

Fig.1 The relationship between vegetation and terrain in YRD

3 孤东油田植被图像的处理与应用

1986 年在对孤东油田进行生态环境影响评价时出现 3 种生态类型:海滩生态环境、翅碱蓬生态环境和柽柳-翅碱蓬生态环境^[4]。1992 年,在对孤东油田进行生态环境验证调查评价时,其生态环境仍为三种类型,但已明显地向海岸推进,且植物群落组合也明显地发生了变化,自海岸向内陆,分别为海滩生态环境、柽柳-芦苇生态环境和芦苇生态环境^[1]。根据这两次的调查分析结果,并结合 2000~2001 年我们的三次野外调查和遥感影像所反映的特征,确定了孤东油田的植被类型分类方案:

- 水体(包括积水洼地)
- 滩涂(代表无人影响下的无植被覆盖区)
- 翅碱蓬群落(以翅碱蓬为主的盐生植被)
- 柽柳-翅碱蓬群落(以柽柳-翅碱蓬为主的盐生草甸植被)
- 芦苇群落(以芦苇为主的盐湿生草甸植被)
- 非植被区(代表由人为干扰而无法生长植被的区域,包括井台、管道、储油罐等永久性占用土地

的区域)

我们采用非监督和监督分类相结合的方法,对孤东油田的植被进行处理分析。在已校正好的遥感影像上切割出孤东油田的范围(图版 I,彩图 1)。综合应用非监督和监督分类,按以上的分类方案对孤东油田的植被进行专题提取。由于覆盖的范围较小,同物异谱和异物同谱的现象较少,可以较好地按以上的分类方案提取其植被覆盖。并利用 1984 年 9 月国土普查卫星资料^[6]、1986 年孤东油田生态环境影响评价资料^[4]、1992 年孤东油田生态环境验证评价资料^[1]、2000~2001 年的三次野外实地调查以及黄河三角洲植被演替规律的先验知识,对分类结果进行修正,形成 1984~2001 年孤东油田的植被覆盖专题图层(图版 I,彩图 2)。

由于缺少与影像同时期的地面调查资料,对每一时相的结果进行精度评价是很困难的。对于有参考资料的年份(1984、1986、1992 和 2001 年),以收集到的参考资料为准;对于其他的年份的结果,只能根据黄河三角洲植被演替的规律及相近年份的数据进行外推,以目视判读的结果作为参考进行精度评价。其中 1984 年的参考资料来源于黄河三角

洲地区国土资源卫星资料应用研究组的解译成果“垦利县草资源分布图”^[6],1986 年的参考资料来源于孤东油田生态环境影响评价对孤东油田的生态分类^[4],1992 年的参考资料来源于孤东油田生态环境验证评价所获得的资料^[1],2001 年主要是参考 2000~2001 年的三次野外考察收集的资料。

采用分层随机采样法,每期影像分类结果各选取 60 个样点,用基于误差矩阵的精度评价方法,对各时期的植被专题图进行精度评价(表 1)。总精度在 80%以上,Kappa 系数均达到最低允许判别精度 0.7 的要求^[8]。

表 1 孤东油田植被分类精度评价
Tab.1 Accuracy assessment of classified results of Gudong Oil Field

| 年 份 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1989 | 1992 | 1996 | 2001 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 分类总精度 (%) | 80.0 | 83.3 | 81.7 | 86.7 | 90.0 | 85.5 | 85.0 | 81.7 |
| Kappa 系数 | 0.7459 | 0.7991 | 0.7695 | 0.8271 | 0.8484 | 0.7783 | 0.7839 | 0.7377 |

4 孤东油田植被演化分析

从图版 I 彩图 1、彩图 2 可以看出,1984、1985 年间,由于孤东大堤还没有建成,区域内积水性洼地较多,随着孤东大堤的建成,积水性洼地逐渐减少。1984 年,区域范围内基本没有受到人为的干扰,其植被的分布沿海岸线呈带状分布,由海向陆依次为滩涂→翅碱蓬等盐生植被→柽柳-翅碱蓬等盐生草甸植被→芦苇等盐湿生草甸植被,反映了黄河三角洲海岸带区域的植被演替规律。其演化过程:1985 年,区域的中部已经开始建设一些油井,天然植被遭到破坏,但由于范围不大,在其他地方还保持着植被的演替规律,但是较高层次的植被覆盖面积已经有所减少(表 2)。

1986 年 3 月开始了空前规模的开发建设。使刚刚形成的生态环境遭到毁灭性的破坏,由人为引起

的无植被覆盖区迅速增加,而芦苇等盐湿生植被几乎全部被破坏,只有西南部、东部和东南部还未开发,保持着原始的状态。1987 年,开发的范围进一步扩大,只有西南方向未遭到破坏,无植被覆盖区的面积进一步增多。1989 年,西南部也开始建设了零星的油井,但由于油井密度不大,对植被的影响较小。1992 年后,植被得到较好的恢复,西南部开始出现大面积的芦苇群落,非植被区的面积有所减少,即使在油井密布的区域,也出现了零星的柽柳-翅碱蓬植被。到 1996 和 2001 年,植被分布已经比较稳定,芦苇群落的面积已经逐步扩大,油井密布区的植被覆盖也大为增加。1984 年,植被覆盖的区域约 50%,主要以翅碱蓬和柽柳等盐生植物为主;1985 年,植被遭到一定程度的破坏,覆盖率下降为 43%;1986 和 1987 年,植被遭到很严重的破坏,特别是芦苇等盐湿生植被完全遭到破坏;1989 年,植

表 2 孤东油田各种土地覆被面积(hm²)
Tab.2 The area of vegetated land cover in Gudong oil field

| | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1989 | 1992 | 1996 | 2001 |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 水 体 | 858.60 | 800.82 | 139.05 | 599.58 | 394.38 | 656.82 | 177.39 | 196.42 |
| 滩 涂 | 2624.04 | 2026.08 | 1214.46 | 162.63 | 199.89 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 翅碱蓬 | 1308.69 | 1601.01 | 1752.12 | 785.97 | 1705.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 柽 柳 | 1449.72 | 1188.54 | 653.85 | 1250.82 | 1018.08 | 1827.18 | 2646.99 | 2504.56 |
| 芦 苇 | 705.69 | 223.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1166.13 | 1297.08 | 1895.43 |
| 非植被区 | 0.00 | 1107.00 | 3187.26 | 4147.74 | 3628.89 | 3296.61 | 2825.28 | 2350.33 |
| 面积总计 | 6946.74 | 6946.74 | 6946.74 | 6946.74 | 6946.74 | 6946.74 | 6946.74 | 6946.74 |
| 植被覆盖率(%) | 49.87 | 43.37 | 34.63 | 29.32 | 39.21 | 43.09 | 56.78 | 63.34 |

(注:表中类型的意义同图版 I 彩图 2)

被得到部分恢复,但还是以翅碱蓬和怪柳等盐生植被为主;1992年后,植被在较大的范围内得到恢复,裸露的面积越来越少,并且向着顺向演化的方向发展,芦苇等盐湿生植被逐渐增多,即使在油井密布的区域,除了油井、管网等工程永久性占地外,大部分区域都开始生长植被,1996年植被覆盖率为56.78%,到2001年,经过十几年的恢复,区域内植被覆盖区达到63.34%。

以上的分析说明,在油田开发初期,对植被的破坏最为严重,使区域生态环境严重恶化。油井建成后,被破坏的生态环境可以逐步得到恢复,并向着顺向演替的方向发展,表明孤东油田的生态环境正在向着良性方向发展。

当然,在采油生产过程中,会发生井喷事故。井喷时,大量原油喷射出来,使周围植被受到严重影响。通常井喷的影响范围为3 000~6 000m²,井喷量60m³左右。粘稠的原油喷射在植被体上,造成大面积植被死亡,但是距油井越远,影响程度越小。据测定在2 000m²范围内植被大部分死亡,2 000~3 000m²范围内的部分地面和植被受到污染,植被生长受到严重的影响,甚至枯萎死亡。3 000m²以外的地面和植被有零星的污染,但是经过雨水淋洗后,基本上能继续生存。另外,在石油生产过程中,洗井、冲砂及井下作业是经常进行的,修井过程中单井落地原油可达0.5~2.0m³(能回收的未计),这种油的落地范围较井喷小,据实地测量其油水的影响范围达300m²,受油污染较重的约200m²左右,在这一范围内植被大部分被破坏以致死亡。除这些发生事故的落地原油、含油污泥和作业废油对植物直接致死外,大部分地区因植物对石油的不吸收或选择性吸收而受到的危害不明显,甚至从表面看,在少量原油积聚的地方,对植物的生长有促进作用^[7]。

因此在油田生产过程中,一定要注意减少井喷等事故的发生,把污染缩小到最低程度,使整个油

田的植被恢复,向着良好的生态环境方向发展。

5 结论

通过以上的分析表明:

(1)油田开发对植被的影响很大,特别在油田开发初期;油井建成后,被破坏的生态环境可以逐步得到恢复,并向着顺向演替的方向发展。

(2)1986年油田开发初期,植被遭到毁灭性的破坏;1992年后,植被得到较好的恢复;到1996年,植被分布已经比较稳定,芦苇群落的面积已经逐步扩大,油井密布区的植被覆盖也大为增加。足见,保护生态环境是一长期的持续建设性任务。

参考文献

- [1] 张乃兴. 孤东油田环境影响验证评价及对策. 青岛:青岛海洋大学出版社,1998.
- [2] 穆从如. 石油开发对黄土高原地区生态环境的影响研究. 地理研究,1994,13(4): 19~27.
- [3] 田家怡, 贾文泽, 窦洪云, 高奎江. 黄河三角洲生物多样性研究. 青岛:青岛出版社,1999.
- [4] 安凤桐, 王一曼, 高满江. 黄河三角洲及孤东油田生态环境的形成和演变. 王景华, 穆从如, 刘凤奎编. 油田开发环境影响评价文集. 北京: 中国环境科学出版社,1989: 86~109.
- [5] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展. 地球科学进展, 1998,13(4):327~333.
- [6] 陈述彭. 国土普查卫星资料应用研究(第二集);黄河三角洲地区国土资源与环境调查. 北京: 科学出版社, 1989.
- [7] 赵善伦, 叶景敏. 孤岛采油厂植被. 济南:山东省地图出版社,1995.
- [8] Lucas I F J, Frans J M. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410~432.

Vegetation Evolvment Analysis at Gudong Oil Field Using Remote Sensing Data

WANG Xiaoqin¹, WANG Qinmin¹, LIU Gaohuan², LI Huiguo^{1,2}

(1 Key Lab of Data Mining & Information Sharing of Ministry of Education,

Spatial Information Research Center, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;

2 LREIS, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

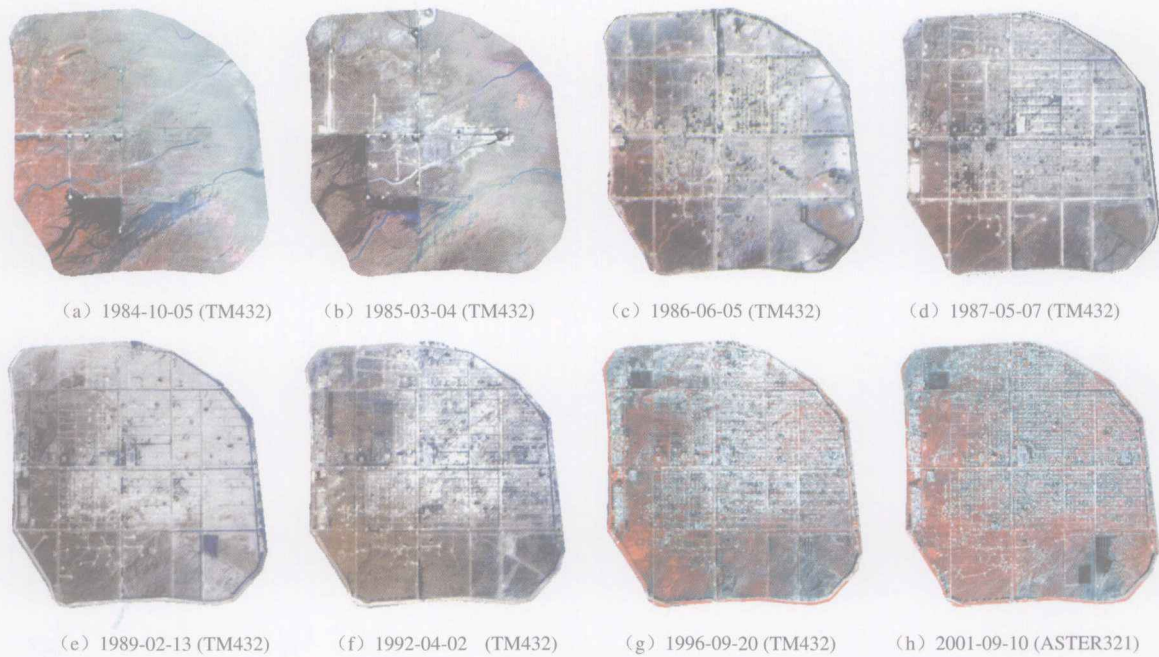
Abstract: Oil and gas exploitation is a mass production movement, which affects local vegetation growth, especially in the beginning of the oil field exploitation. Gudong Oil Field is known for its most abundant oil reserves in Shengli Oil Field and the second largest one in China. Gudong Oil Field has been developed rapidly since 1986 and has an area of about 68km².

In this paper, eight scenes of remote sensing data including TM and ASTER from 1984 to 2001 were used, which are associated with different periods from drilling, construction to putting into production and steady production of Gudong Oil Field. In the beginning of the oil field development, the vegetation changed quickly, and when oil field regions became steady, the change was slowed down. So in the beginning of oil development, the time interval of the chosen remote sensing data was shorter than that in the steady period. The details of the chosen remote sensing data are as follows: TM data on 5 October 1984, 4 March 1985, 5 June 1986, 7 May 1987, 13 February 1989, 2 April 1992 and 20 September 1996, and ASTER data on 10 September 2001.

According to the historical investigation results, ground truth survey, the characters reflecting from remote sensing data and vegetation succession rule in the Yellow River Delta, the classification schema was completed on the basis of the vegetation cover types in the study area. The classes were water (including splash), tidal flat (including naturally non-vegetated area and area non-affected by humans), reed beds and barren land (representing the non-vegetated area affected by humans, such as the area covered by oil platforms, pipes).

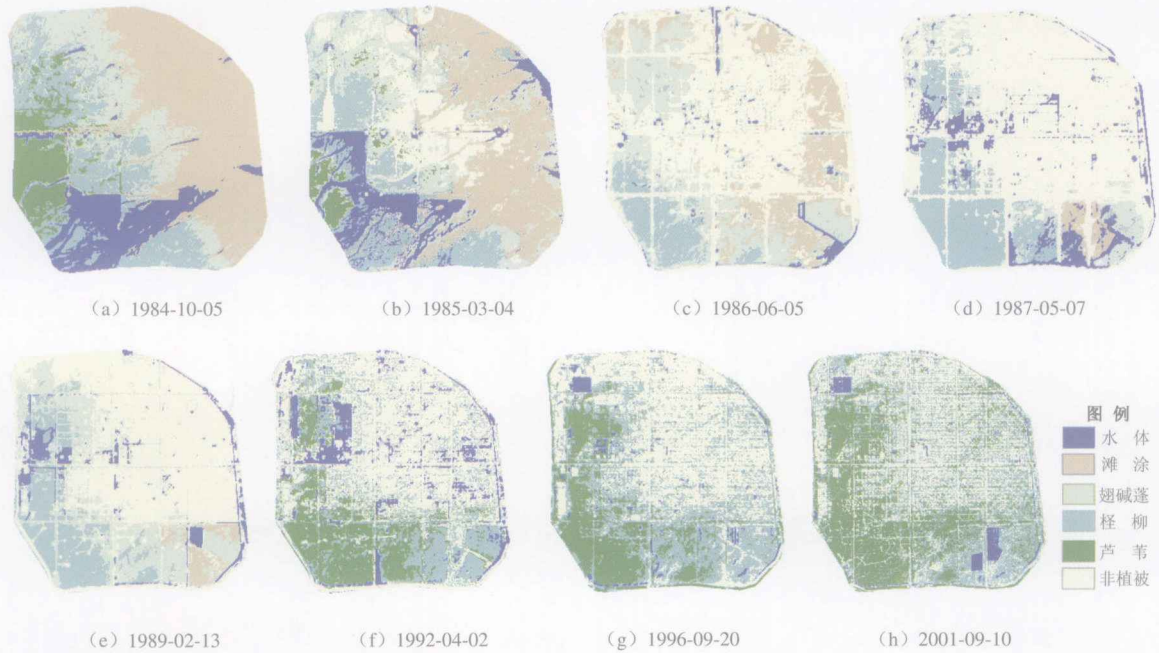
Vegetation distributions of Gudong oil field in different periods were extracted from remote sensing data. The vegetation succession rule and the effect of oil development on vegetation were analyzed. Before the mass production movement of oil drilling, as part of the estuarine delta of the Yellow River, the vegetation distribution is zonal along coastal line reflecting the vegetation succession rule in coastal zone of the Yellow River Delta. In the beginning of the oil development, the destruction of vegetation resulted in a rapid decrease of grassland areas and the quick increase in barren land areas.

Key words: Gudong Oil Field; oil field development; vegetation evolvment; remote sensing



彩图 1 不同时相孤东油田遥感影像

Fig.1 Remote sensing images of Gudong Oil Field on different dates



彩图 2 不同时期孤东油田植被分布

Fig.2 Vegetation distribution in Gudong Oil Field in different periods

(注：图例中水体指水体和积水洼地，滩涂代表由于自然环境条件影响下的无植被覆盖区，翅碱蓬代表以翅碱蓬为主的盐生植被，柽柳代表以柽柳-翅碱蓬为主的盐生草甸植被，芦苇代表以芦苇为主的盐湿生草甸植被，非植被区表示因为人为干扰而形成的无植被覆盖区)